


Regenerative pump and method of manufacturing impeller

Patent Number: ■ EP0601530, B1
Publication date: 1994-06-15
Inventor(s): ITO MOTOYA (JP); INUZUKA YUKIO (JP)
Applicant(s): NIPPON DENSO CO (JP)
Requested Patent: ■ JP6229388
Application Number: EP19930119682 19931207
Priority Number(s): JP19930254135 19931012; JP19920327714 19921208
IPC Classification: F04D5/00; F04D29/18
EC Classification: F04D5/00R, F04D29/18R
Equivalents: DE69314912D, DE69314912T, HU3856, JP3307019B2, KR267829, ■ US5407318
Cited patent(s): FR736827; US3359908; DE3209763; FR2101576; BE374652; US5123809; JP57081191

Abstract

A regenerative pump has an impeller (28) rotatably provided in a flow passage (34). A number of vane members (39), and partition walls (41) each of which divides a vane groove (40) between adjacent two of the vane members (39) into two, are formed on the outer periphery of the impeller (28). The vane members (39) are curved in a manner that bottom end portions of the vane members (39) are inclined backwardly from a rotating direction R of the impeller (28), and that distal end portions of the vane members (39) are inclined forwardly with respect to the rotating direction R. By inclining the bottom end portion of each vane member (39) backwardly, an angle defined between a whirling flow of a fluid which enters into a vane groove (40) from the side surface of the impeller, and the bottom end portion of the vane member (39) is decreased to allow the whirling flow to enter into the vane groove (40) smoothly. Besides, by inclining the distal end portions of the vane members (39) forwardly with respect to the rotating direction R, the vane members (39) can effectively apply kinetic energy to the fluid which has flowed into the vane grooves (40), to thereby enhance the pumping efficiency by a remarkable degree. In this manner, the configuration of the impeller is improved, and both the flows of the fluid into and out of the vane grooves are improved, thus enhancing the pumping efficiency. 

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-229388

(43)公開日 平成6年(1994)8月16日

(51)Int.Cl.⁵

F 0 4 D 5/00

F 0 2 M 37/08

識別記号

庁内整理番号

E 8714-3H

E 7049-3G

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 15 頁)

(21)出願番号 特願平5-254135

(22)出願日 平成5年(1993)10月12日

(31)優先権主張番号 特願平4-327714

(32)優先日 平4(1992)12月8日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000004260

日本電装株式会社

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72)発明者 伊藤 元也

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電

装株式会社内

(72)発明者 犬塚 幸夫

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電

装株式会社内

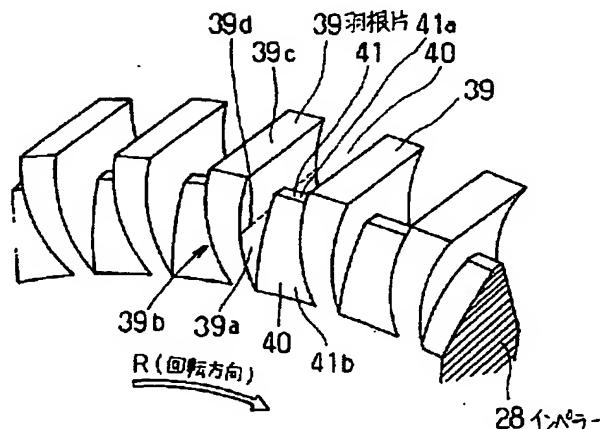
(74)代理人 弁理士 碓氷 裕彦

(54)【発明の名称】 再生ポンプおよびインペラの製造方法

(57)【要約】

【目的】 インペラの形状を改良し、羽根溝への流入と、羽根溝からの流出との両方を改善し、ポンプ効率を向上させる。

【構成】 インペラ28の外周部に、多数の羽根片39と、各羽根片39間の羽根溝40を二分割する隔壁41とを形成する。羽根片39は湾曲しており、インペラ28の回転方向Rに対して羽根片39の根元部を後傾させると共に、羽根片39の先端側を回転方向Rに向けて前傾させる。羽根片39の根元部を後傾させることで、羽根溝40に側面側から流れ込む旋回流と羽根片39の根元部とのなす角度が小さくなり、旋回流が羽根溝40内にスムーズに流れ込むようになる。しかも、羽根片39の先端側を回転方向Rに向けて前傾させることで、羽根溝40に流れ込んだ燃料に羽根片39から効率良く運動エネルギーが与えられるようになり、ポンプ効率が効果的に高められる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 吸込口、吐出口及びこれら両者をつなぐ円弧状のポンプ流路が形成されたケーシングと、円板状の外周部に多数の羽根片が形成され、前記ケーシング内に回転自在に収納されるインペラとを備えた再生ポンプにおいて、

前記各羽根片の上流側、または下流側の羽根面が、前記羽根片の根元側に位置し前記インペラの回転方向に対して後傾した面と、前記羽根片の外周側に位置し前記インペラの回転方向に対して前傾した面とを有して形成されていることを特徴とする再生ポンプ。

【請求項2】 前記インペラは、隣接する前記羽根片の間の溝内に形成され、前記溝を前記インペラの両面に分割する隔壁を備え、該隔壁の先端面は前記インペラの先端面より内側に位置することを特徴とする請求項1記載の再生ポンプ。

【請求項3】 前記隔壁の先端面は、前記羽根片の外周側に位置し前記インペラの回転方向に対して前傾した面にまで延在していることを特徴とする請求項2記載の再生ポンプ。

【請求項4】 前記羽根面は、曲面であることを特徴とする請求項1記載の再生ポンプ。

【請求項5】 円板状の外周部に多数の羽根片を有し、各羽根片の外周部が一方の円周方向に向けて傾斜してなるインペラを樹脂により成形する樹脂成形工程と、前記樹脂成形工程により成形されたインペラの前記羽根片の先端面に対して、該羽根片の傾斜方向に向けて工具を相対的に移動させ、インペラの先端面を研削加工する外径研削工程とを有する再生ポンプのインペラの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、インペラの形状を改良した再生ポンプおよび再生ポンプのインペラの製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】一般に、再生ポンプは、粘度が低い液体を少量送って高揚程にする小型ポンプとして利用され、例えば自動車用の燃料ポンプとして使用されている。このような燃料ポンプは、モータを内蔵している。そして、オルタネータで発電された電力によって駆動される。このため、近年の省資源化・地球環境保護という社会的な要求から、ポンプ効率向上による燃費改善（オルタネータ負荷低減）が近年の重要な技術的課題となっている。

【0003】従来の再生ポンプを図34、図35に示す。インペラ11はケーシング12内のポンプ流路13内に収容され回転する。インペラ11の外周には多数の羽根片14が形成され、各羽根片14間の羽根溝15を隔壁16で軸方向に二分割する構成となっている。そし

2

て、インペラ11を矢印R方向に回転させると、ポンプ流路13内に吸い込まれた流体が各羽根片14から運動エネルギーを受けてポンプ流路13内を吐出口側に圧送される。この際、各羽根溝15内の流体は、回転遠心力を受けて矢印B1で示すように各羽根溝15内を外周側に流れ出す。そして、矢印B2で示すようにポンプ流路13の内壁に衝突して流れ方向を反転する。さらに、矢印B2で示す流れは下流側（反回転方向側）の別の羽根溝15内に側面側から流れ込み、再び外周側に流れだす。このような流れを繰り返すことで旋回流が形成され、流体はポンプ流路13内を巡回しながら吐出口側に向かって昇圧されてゆく。尚、図34に矢印B1、B2で示されている流れは、インペラ11に固定した回転座標で見たときの流れを示している。

【0004】上述したような再生ポンプにおいては、ポンプ流路内の旋回流がポンプ性能に大きな影響を与えることが知られており、ポンプ流路内の旋回流をスムーズに発生させ、持続、強化することがポンプ効率を高めるために重要である。しかしながら、上記従来構成では、矢印B2で示す旋回流が羽根溝15に側面側から流れ込む際に、旋回流が羽根片14の根元に垂直に近い角度で衝突することになるため、旋回流の流勢が羽根片14の根元で大きく弱められて、旋回流が羽根溝15内にスムーズに流れ込むことができない。

【0005】また、矢印B2で示す旋回流はインペラの回転方向および燃料の流れ方向が矢印Rの方向であるにもかかわらずインペラの径方向に向けて羽根溝15から流出してゆくため、羽根溝15から流出する際の遠心力を燃料の流れ方向へ効率よく作用させることができない。さらにまた、隔壁16の先端面がインペラ11の最外周まで延在しているため、隔壁16の先端面とポンプ流路壁面との間に旋回流が及ばない領域が発生し、この領域に逆流が発生してポンプ効率を低下させていた。

【0006】図34、図35に図示したような再生ポンプを利用した燃料ポンプとして、例えば特公昭63-63756号公報のものが知られている。上記のごとき再生ポンプの問題点を解決する技術として従来から種々の形状のインペラが提案されている。例えば、特開昭57-99298号には羽根溝を回転方向と反対の方向に傾斜させる構成、すなわち羽根溝全体を後傾させる構成が開示されている。

【0007】また、特開昭57-206795号には羽根溝を傾斜させる構成と羽根溝を螺旋状に形成する構成とが開示されている。また、特開昭61-210288号には隔壁高さを羽根片より低くした構成が開示されている。さらに、特開昭57-81191号、特開昭57-97097号、および特開平4-228899号には、送風機のインペラが開示されており、ブレードの先端部を回転方向に向けて前傾させた構成と、隔壁の高さをブレード先端面より低くした構成とが開示されてい

3

る。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところが特開昭57-99298号あるいは特開昭57-206795号に開示されるように羽根溝の全体が後傾した形状では、羽根溝からの流出方向が回転方向に対して後ろ向きとなり、吐出口へと向かう運動エネルギーを流体に効率的に与えることが困難であった。

【0009】また、特開昭57-206795号に開示される螺旋状の羽根溝も、羽根溝からの流出方向が回転方向に対して後ろ向きとなるため、吐出口へと向かう運動エネルギーを流体に効率的に与えることが困難であった。また、特開昭61-210288号に開示される構成では依然として平板状の羽根片を採用しているため、上述の従来技術と同様に羽根溝への流入と、羽根溝からの流出が非効率的であった。

【0010】さらに、特開昭57-81191号、特開昭57-97097号および特開平4-228899号の形状では、ブレードの先端部のみを回転方向に対して前傾させた形状であるため、羽根溝への流入が滑らかではないという問題点があった。また、これらの形状は送風機として用いた場合には高い効率を発揮するが、燃料のように非圧縮性の流体では高い効率を発揮できないものであった。

【0011】さらに、隔壁高さを羽根片より低くした場合、羽根片の強度が低下する。特に、インペラを樹脂により成形する場合、インペラの外径研削において羽根片が欠損し、歩留りが低下するおそれがあった。また、羽根片の先端面を回転方向に対して後傾、あるいは前傾させた場合、インペラの外径研削において羽根片にかかる応力が大きくなり羽根片が欠損し、歩留りが低下するおそれがあった。

【0012】本発明は、上記従来技術の問題点に鑑みられたもので、羽根溝への流体の流入と、羽根溝からの流体の流出との両方を改善することで、ポンプ流路内における旋回流を妨げることがなく、しかもポンプ流路内の流体に効率よく運動エネルギーを与え、ポンプ効率を向上させることを目的とする。また本発明は、羽根溝からの流体の流出を改善してポンプ流路内の流体に効率よく運動エネルギーを与えることができるインペラを羽根片の欠損を低減して製造することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、吸込口、吐出口及びこれら両者をつなぐ円弧状のポンプ流路が形成されたケーシングと、円板状の外周部に多数の羽根片が形成され、前記ケーシング内に回転自在に収納されるインペラとを備えた再生ポンプにおいて、前記各羽根片の上流側、または下流側の羽根面が、前記羽根片の根元側に位置し前記インペラの回転方向に対して後傾した面と、前記羽根片の外周側に位置

4

し前記インペラの回転方向に対して前傾した面とを有して形成されていることを特徴とする再生ポンプという技術的手段を採用する。

【0014】また本発明は、円板状の外周部に多数の羽根片を有し、各羽根片の外周部が一方の円周方向に向けて傾斜してなるインペラを樹脂により成形する樹脂成形工程と、前記樹脂成形工程により成形されたインペラの前記羽根片の先端面に対して、該羽根片の傾斜方向に向けて工具を相対的に移動させ、インペラの先端面を研削加工する外径研削工程とを有する再生ポンプのインペラの製造方法という技術的手段を採用する。

【0015】

【作用】上記構成によれば、インペラの回転方向に対して各羽根片の根元部を後傾させているので、羽根溝に側面側から流れ込む旋回流が羽根片の根元部に衝突する際に、羽根片の根元部と旋回流とのなす角度 θ 0（図8参照）が小さくなり、旋回流が羽根溝内にスムーズに流れ込むようになる。

【0016】更に、各羽根片の先端部を回転方向に向けて前傾させることで、羽根溝に流れ込んだ流体に羽根片から効率良く回転方向に向かう運動エネルギーが与えられるようになり、ポンプ効率が効果的に高められる。一方本発明のインペラの製造方法によると、インペラの羽根片の先端面に対して、該羽根片の傾斜方向に向けて工具を相対的に移動させ、インペラの先端面が研削加工されるため、研削加工時に羽根片にかかる応力がインペラの傾斜によって低減され、羽根片の欠損が低減される。

【0017】

【実施例】以下、本発明を自動車用の燃料ポンプに適用した第1実施例について、図面を参照して説明する。図1は自動車のエンジン1の燃料供給装置2を模式的に示す構成図である。燃料供給装置2は、燃料タンク3内に設けられた燃料ポンプ4と、この燃料ポンプ4から吐出された燃料の圧力を調整するレギュレータ5と、燃料をエンジン1の各気筒に噴射供給するインジェクタ6と、これらを接続する配管を有する。燃料ポンプ4は車載バッテリー7から給電されて作動し、フィルタ8を通して燃料を吸引し、吐出管9に吐出する。一方、レギュレータ5から放出された余剰燃料はリターン管10により燃料タンク3内に戻される。

【0018】次に、燃料ポンプ4の構成を説明する。図2は燃料ポンプ4の縦断面図である。燃料ポンプ4はポンプ部21とこのポンプ部21を駆動するモータ部22とから構成されている。このモータ部22はブラシ付きの直流モータであり、円筒状のハウジング23内に永久磁石24を環状に配置し、この永久磁石24の内周側に同心状に電機子25を配置した構成となっている。

【0019】次に、ポンプ部21の構成を説明する。図3はポンプ部21の拡大図、図4はケーシング本体26の斜視図、図5はケーシングカバー27の斜視図、図6

5

は図2のA-A断面断面矢視図である。図3において、ポンプ部21は、ケーシング本体26、ケーシングカバー27及びインペラ28等から構成され、ケーシング本体26とケーシングカバー27は、例えばアルミのダイカスト成形により形成されている。ケーシング本体26は、ハウジング23の一端に圧入固定され、その中心に嵌着された軸受30に電機子25の回転シャフト31が貫通支持されている。一方、ケーシングカバー27は、ケーシング本体26に被せられた状態でハウジング23の一端にかしめ付け等により固定される。このケーシングカバー27の中心にはスラスト軸受32が固定され、これによって回転シャフト31のスラスト荷重が受けられるようになっている。これらケーシング本体26とケーシングカバー27とで密閉された1つのケーシングが構成され、その内部にインペラ28が回転自在に収納されている。

【0020】インペラ28の中心には、図6に示すように、ほぼD字形の嵌合孔33が形成され、この嵌合孔33が回転シャフト31のDカット部31aに嵌合されている。これにより、インペラ28は、回転シャフト31と一体的に回転するが、軸方向にはわずかに移動可能となっている。また、嵌合孔33のモータ側には僅かながらテーパ面33aが形成され、インペラ28の表裏を識別するために利用される。

【0021】図4、図5に示すように、ケーシング本体26とケーシングカバー27の内側面には、円弧状のポンプ流路34が形成されている。さらに、ケーシングカバー27に、ポンプ流路34の一端に連通する吸込口35が形成され、ケーシング本体26に、ポンプ流路34の他端に連通する吐出口36が形成されている。これら吸込口35と吐出口36との間には、燃料の逆流を防止する仕切部37が形成されている。上記吐出口36は、ケーシング本体26を貫通してモータ部22内の空間に連通している。従って、吐出口36から吐出された燃料は、モータ部22内の空間部を通過して、ハウジング23の他端側に設けられた燃料吐出口43（図2参照）から吐出されるようになっている。一方、吸込口35の外側にはフィルタ8（図1参照）が装着されている。

【0022】次に、本発明の特徴部分であるインペラ28の形状を説明する。図7はインペラ28の一部破断斜視図である。図8は、ケーシング内にインペラが装着さ

6

れた状態での一部を拡大した平面図であり、図9は図8のB-B断面矢視図である。インペラ28は、例えばガラス繊維入りのフェノール樹脂やPPS等により形成されている。このインペラ28は、樹脂の型成形により成形され、その両端面と、外周面とが切削されて製造される。

【0023】図7に図示されるように、インペラ28の外周部には、多数の羽根片39が形成される。さらに、各羽根片39間の羽根溝40を軸方向に二分割する隔壁41とが形成されている。この隔壁41は、インペラの一方の端面に面する第1溝と、インペラ他面の端面に面する第2溝と、これら第1溝と第2溝とを外周部において、軸方向に連通する連通溝とを区画形成しており、この結果、羽根溝40は図9のようにコ字状に形成されている。各羽根片39は、インペラ回転方向の下流側の羽根面39aと上流側の羽根面39bとの両方が図7及び図8に示すように、円弧状に湾曲している。しかもこれら羽根面39a、39bの外周端と根元端とは、インペラ28の中心Oを通る直径上に位置している。

【0024】特に、各羽根面39a、39bの根元部をインペラ28の回転方向Rに対して後傾させ、各羽根面39a、39bの根元部とインペラ28の円周方向接線とのなす角度 θ_1 を 90° よりも大きくしている。また、各羽根面39a、39bの先端側を回転方向Rに向けて前傾させて、各羽根面39a、39bの先端側とインペラ28の円周方向接線とのなす角度 θ_2 を 90° よりも小さくしている。

【0025】また、各羽根溝40の横幅が内周側と外周側で等しくなるように、各羽根片39の肉厚が外周側に向かって徐々に厚くなるように形成されている。さらに、隔壁41の先端面41aは各羽根片39の先端面39cより内周側に位置しており、隔壁41の両側の底面41b、41cに沿って流れる燃料を羽根面39a上で合流させている。しかも、隔壁41の先端面41aは羽根面39aの最も深くなる中央部39dより外周側に位置するとともに、羽根面39bの最も突出する中央部39eより外周側に位置している。

【0026】この第1実施例において、再生ポンプの各部寸法は、下記表1、表2のとおりである。

【0027】

【表1】

7

8

直径	厚さ	軸方向 間隙	径方向 間隙	羽根 連通部 長さ	羽根 全長	隔壁 高さ	羽根 中央部 距離
D mm	t mm	d mm	e mm	L 1 mm	L 2 mm	h mm	c mm
30	2.3	0.6	0.7	1.0	2.1	1.1	1.2

【0028】

* * 【表2】

羽根溝 深さ	隔壁 先端幅	羽根溝 幅	羽根片 曲率 半径	根元部 角度	先端部 角度	羽根片 曲率 高さ	羽根片 枚数
b mm	k mm	f mm	r mm	$\theta 1$ 度	$\theta 2$ 度	l mm	枚
1.0	0.3	1.2	2.5	111	64	0.25	47

なお、図8に図示されるように、羽根溝幅fは羽根溝40の径方向の幅を示し、曲率半径rは羽根面39a、39bの曲率半径を示し、曲率高さiは羽根面39aの両端部をむすぶ直線から羽根面39aの中央部（最深部）39dへの垂直距離を示す。また、図9に図示されるように、直径Dはインペラ28の直径を示し、厚さtはインペラ28の軸方向の厚さを示し、羽根連通部長さL1は隔壁41の先端面41aより外周側へ延びる羽根片39の径方向の長さを示し、羽根全長L2は羽根片39の根元部と外周面39cとの間の径方向の長さを示す。また、図9に図示されるように、隔壁高さhは羽根片39の根元部と隔壁41の先端面41aとの間の径方向の距離を示し、中央部距離cは羽根面39aの最も深くなる中央部39dと羽根片39の根元部との間の径方向の距離を示し、羽根溝深さbは底面41cの先端とインペラ28の側端面との軸方向の距離を示す。さらに、図9に図示されるように、軸方向間隙dはインペラ28の側端面とポンプ流路34の底面との距離を示し、径方向間隙eはインペラ28の羽根片39の外周面39cとポンプ流路34の外周面との距離を示している。

【0029】次に、上記実施例の作用について説明する。モータ部22に給電し、電機子25を回転させると、この電機子25の回転シャフト31と一体的にインペラ28が矢印R方向に回転する。これにより、インペラ28の外周部の羽根片39が円弧状のポンプ流路34に沿って移動してポンプ作用を生じる。このポンプ作用により燃料タンク3内の燃料はフィルタ8を通して吸入口35からポンプ流路34内に吸い込まれ、このポンプ流路34を流れて吐出口36へ達し、モータ部22内を

經由して吐出口43から吐出される。

【0030】ここで、上記ポンプ作用は、羽根片39の移動による燃料の移送と、羽根溝40内の燃料が遠心力によって運動エネルギーを与えられながら移動することによって得られる。各羽根溝40内の燃料は、遠心力を受けて各羽根溝40内を外周側に流れ出し、ポンプ流路34の内壁に衝突して2つの流れに分かれる。そして、ポンプ流路34の内壁に沿って流れた後、再び羽根片39根元側から羽根溝40内に流れ込み、さらに遠心力を受ける。こうしてインペラ28の隔壁41の底面41b、41cに沿った2つの旋回流が形成され、これらの旋回流は羽根溝40への流入、流出を繰り返すうちに強化されてゆく。

【0031】このような再生ポンプにおいて、ポンプ効率を高めるには、燃料が各羽根溝40に側面側から流れ込み易くして、各羽根片39から燃料に回転方向Rの運動エネルギーを効率良く付与する必要がある。この観点から、本実施例では、図8に示すように、インペラ28の回転方向Rに対して各羽根片39の根元部を後傾させて、羽根片39の根元部とインペラ28の円周方向とのなす角度 $\theta 1$ を 90° よりも大きくすると共に、各羽根片39の先端側を回転方向Rに向けて前傾させて、羽根片39の先端側とインペラ28の円周方向とのなす角度 $\theta 2$ を 90° よりも小さくしている。この場合、各羽根片39の根元部を後傾させることにより、羽根溝40に側面側から流れ込む旋回流と羽根片39の根元部とのなす角度 $\theta 0$ （図8参照）が小さくなり、旋回流が羽根溝40内にスムーズに流れ込むようになる。しかも、各羽根片39の先端側を回転方向Rに向けて前傾させること

9

により、羽根溝40に流れ込んだ燃料が羽根溝40から外周側へ向けて流出するときに、インペラ28の回転方向前方へ向けて流出する。このため、ポンプ流路34内における吸入口から吐出口へ向かう燃料の流速をよりインペラ28の回転速度に近づけることができる。即ち、羽根溝40に流れ込んだ燃料に羽根片39から効率良く運動エネルギーが与えられるようになり、ポンプ効率が効果的に高められる。

【0032】本発明者は、上記第1実施例に示した最適寸法を決定するにあたり、数多くの試作品を試験し、それらの効果を検討して第1実施例の寸法を決定した。以下、数多くの試作品の寸法とそれらの効果を説明し、本発明の特徴をより明らかにする。なお、試験ではポンプ効率の算出にあたり、ポンプ入力負荷トルクと回転数との積から求め、ポンプ出力は吐出圧力と吐出流量との積から求めた。また、吐出圧力はアドバンテスト社製デジタルマルチメータおよび豊田工機社製半導体小型圧力センサを使用して測定し、吐出流量は小野測器社製デジタルフローメータを使用して測定した。

【0033】図10により、羽根片39の曲率半径を変更したD1ないしD7の試作品の試験結果を説明する。この試験に使用した再生ポンプの寸法は、羽根全長L2を2.4mmとし、曲率rを変化させたことを除いて上記表1、表2に示した寸法と同じである。図10(a)は、羽根片39の羽根面39a、39bの曲率半径rとポンプ効率との関係を示すグラフである。この図10(a)から明らかなように、羽根片39の側面の曲率半径rが無大(羽根面が平板状の従来品に相当)ではポンプ効率が約34%と低いが、曲率半径rを小さくするに従って徐々に効率が上昇し、約2.2mmで効率が最大になっている。特に、r=約2mm~約4mmの範囲でポンプ効率向上の効果が顕著である。ところが、曲率半径rをそれ以下に小さくすると急激に効率が低下している。このような急激な効率の低下を避けるため、曲率半径rは約2mm以上に設定することが望ましい。そこで、上記実施例では曲率半径rを最大効率が得られる約2.2mmより大きい2.5mmとしている。

【0034】図10(b)はD1ないしD7の試作品の羽根片根元部角度 $\theta 1$ とポンプ効率との関係を示すグラフである。この図10(b)から明らかなように、 $\theta 1 = 90^\circ$ (従来品に相当)ではポンプ効率が低いが、 $\theta 1 = 約100^\circ \sim 約127^\circ$ の範囲でポンプ効率向上の効果が顕著である。ただしここでも羽根片根元部角度が約125°付近より大きくなると効率が急激に低下している。このため、上記実施例では根元部角度 $\theta 1$ を最大効率が得られる約116°より小さい111°としている。

【0035】図10(c)はD1ないしD7の試作品の羽根片先端部角度 $\theta 2$ とポンプ効率との関係を示すグラフである。この図10(c)から明らかなように、 $\theta 2$

10

= 90° (従来品に相当)では、ポンプ効率が低いが、 $\theta 2 = 約45^\circ \sim 約76^\circ$ の範囲でポンプ効率向上の効果が顕著である。図10(d)は、D1ないしD7の試作品の羽根片曲率高さiとポンプ効率との関係を示すグラフである。この図10(d)から明らかなように、i = 0 (従来品に相当)ではポンプ効率が低いが、羽根曲率高さiが大きくなるに従って徐々に効率が高くなっていく。ただし、ポンプ効率が最大値となるi = 0.31mmを超えるとポンプ効率が急激に低下しており、羽根曲率高さiは高いポンプ効率が得られる範囲(i = 0.1mm~0.45mm)内でも最大効率が得られるi = 0.31mmより小さい側に設定されることが望ましい。

【0036】なお、図10の各グラフにおいては、各グラフ中の試作品の対応関係を符号D1~D7を付して示している。次に、上記第1実施例の各部寸法のうち羽根全長L2を2.4mmとし、隔壁高さを変更した試作品D8ないしD11を説明する。図11は隔壁高さhを羽根全長L2と等しくした試作品D8のインペラの部分平面図である。

【0037】図12は隔壁高さhを1.9mmとし、羽根連通路長さL1を0.5mmとした試作品D9のインペラの部分平面図である。図13は隔壁高さhを1.5mmとし、羽根連通路長さL1を0.9mmとした試作品D10のインペラの部分平面図である。図14は隔壁高さhを0.9mmとし、羽根連通路長さL1を1.5mmとした試作品D11のインペラの部分平面図である。

【0038】以上の試作品D8ないしD11のポンプ効率を図15に実線として示す。この図15の特性に示されるように隔壁高さhを1.5mmとし、羽根連通路長さL1を0.9mmとした試作品D10において最も高い効率が得られている。隔壁高さhを図11から図13の方向へ低くするほどポンプ効率が高くなっている。これは、隔壁先端の外周に発生する逆流域が縮小するためと考えられる。ところが、隔壁を図14のように低くしすぎると、効率は再び低下する。これは、羽根溝の底面が小さくなりすぎて、羽根溝内の燃料を外周に向けて案内する作用が減少し、旋回流の生成に支障を来すためと考えられる。また、図14に隔壁先端部における流れ方向を矢印で図示するように、図14のように隔壁高さを低くしたものでは、羽根溝の底面で十分に案内されない流れが湾曲した羽根板に急角度で衝突するため、損失が大きいと考えられる。また、インペラの羽根板を平板状として隔壁高さのみを変化させた場合のポンプ効率を図15に破線で示す。この破線の特性と上述の実線の特性とを比較してわかるように、羽根板を湾曲させることで得られるポンプ効率の上昇割合は隔壁高さが高いほど大きい。このことから、羽根板への衝突角度を考慮した場合、隔壁先端は湾曲した羽根板の最深部より外周側、す

11

なわち回転方向に対して前傾した面の領域にあることが望ましい。

【0039】なお、インペラの羽根片を平板状としたものは、特願平5-35405号に開示されている。本発明の再生ポンプは、直流モータと組み合わせることによって、特に車両用燃料噴射装置に燃料を供給する燃料ポンプに用いられる。この燃料ポンプには、通常、燃料圧力が $2 \sim 5 \text{ kgf/cm}^2$ において $50 \sim 200 \text{ L/h}$ の吐出量が要求される。燃料圧力はプレッシャレギュレータ5（図1参照）によって設定され、その燃料圧力はエンジンの運転状態によって変動する。例えば、アイドリング時には約 2.5 kgf/cm^2 でも全負荷時には約 3 kgf/cm^2 になる。従って、燃料ポンプには吐出圧力の変動に対する吐出量の変動が鈍感であることが望まれる。

【0040】しかし、一般の車両用電動式燃料ポンプは直流モータによって駆動され、この直流モータは車両に搭載されたバッテリーによって作動する。この電動式燃料ポンプはバッテリーの一定電圧で作動するため、直流モータの特性から高負荷（燃料噴射装置のシステム圧力が高圧）になるとモータ部分の回転数が低下し、吐出量が低下する（図16参照）。更に、ポンプ部に関しては一定回転数を維持したとしても、圧力を上げると内部の洩れが増加するため吐出量は低下する。しかし、このポンプ部の低下分に関しては羽根と流路との間隙つまり流路代表寸法 R_m を小さくしたり、羽根長さを短くすることによって少なくすることができる。但し、極端に R_m を小さくしたり、羽根長さを短くするとインペラ一回転当たりの吐出量が少なくなるため高回転で作動させる必要が出てくるため、必要以上に極端に R_m を小さくしたり、羽根長さを短くすることができないのは言うまでもない。

【0041】上述の第1実施例のインペラを使用した燃料ポンプの圧力特性の評価結果を図17に示す。なお、

12

破線は従来品を、実線は第1実施例のものを示す。この図から分かるように第1実施例では従来品に対し、電流値はほぼ同じで吐出量がほぼ平行に増加する。ここで、燃料ポンプの要求吐出量が従来と変わりなければ前述したように R_m を小さくしたり、羽根長さを短くすることによって、吐出量を従来品と同じに合わせ、圧力を上げたときの吐出量低下を少なく、つまり、図18に示すように $P-Q$ 勾配を小さくしたいいわゆる鈍感な特性とすることができる。

【0042】また、燃料ポンプの吐出流量はエンジンの排気量や出力によって異なり、小排気量、低出力エンジンでは $50 \sim 100 \text{ L/h}$ 程度（以下低流量と呼ぶ）、中排気量、中出力エンジンでは $80 \sim 150 \text{ L/h}$ 程度（以下中流量と呼ぶ）、大排気量、高出力エンジンでは $130 \sim 200 \text{ L/h}$ 程度（以下高流量と呼ぶ）の流量が要求される。各エンジン・各車種に使用する燃料ポンプを共通で使用出来れば、燃料ポンプの製造コストは低く抑えることが出来るが、近年の省資源化・地球環境保護という社会的要求から少しでも無駄を省き、ポンプ効率を向上しようと考え、各エンジン・各車種に必要最低限の吐出量の燃料ポンプを設定する必要がある。

【0043】そこで、図10で説明した試験結果により得られたインペラ形状を用いて、低流量～高流量の各吐出量の燃料ポンプに適した各部寸法を決定するために試作された試作品と、その実験結果を説明し、インペラ形状とケーシングの流路形状という僅かな変更によって従来技術の燃料ポンプに対しはるかに良好なポンプ効果が得られることを説明する。

【0044】まず、以下の表3に示すような複数のインペラと流路形状との組み合わせを試作し、ポンプ効率を測定した。

【0045】

【表3】

No.	直径 D	軸方向 間隙 d	径方向 間隙 e	羽根 全長 L 2	流路代表 寸法 Rm
D 1 2	3 0	0. 5	0. 7	2. 4	0. 5 7
D 1 3	3 0	0. 5 5	0. 7	2. 4	0. 6 0
D 1 4	3 0	0. 6	0. 7	2. 4	0. 6 4
D 1 5	3 0	0. 6 5	0. 7	2. 4	0. 6 7
D 1 6	3 0	0. 7	0. 7	2. 4	0. 7 0
D 1 7	3 0	0. 7 5	0. 7	2. 4	0. 7 3
D 1 8	3 0	0. 8	0. 7	2. 4	0. 7 6
D 1 9	3 0	0. 8 5	0. 7	2. 4	0. 8 0

上記表3の試作品では、軸方向間隙dの寸法を変化させて、流路代表寸法Rmの水準を振った。また、吐出量を低流量～高流量まで変化させるためにそれぞれの試作品について回転数を低流量；6000rpm、中流量；7000rpm、高流量；8000rpmと変化させ、実験を行った。

【0046】上記表3の各試作品D12～D19のポンプ効率を図19に示す。低流量においては試作品D15 (Rm0.67)、中流量においては試作品D17 (R*30

*m0.73)、高流量においては試作品D18 (Rm0.76)がそれぞれ最も高い効率を示した。つまり、低流量の場合はRmを小さく、高流量の場合はRmを大きくすることによって、それぞれ高い効率を得ることができる。

【0047】また、インペラの羽根形状については、表4のように羽根長さ寸法Lを変化させて実験を行った。

【0048】

【表4】

No.	直径 D	軸方向 間隙 d	径方向 間隙 e	羽根 全長 L 2	流路代表 寸法 Rm
D 2 0	3 0	0. 7	0. 7	1. 6	0. 7 0
D 2 1	3 0	0. 7	0. 7	1. 9	0. 7 0
D 2 2	3 0	0. 7	0. 7	2. 1	0. 7 0
D 2 3	3 0	0. 7	0. 7	2. 4	0. 7 0
D 2 4	3 0	0. 7	0. 7	2. 7	0. 7 0

また、先の実験と同様に、吐出量を低流量から高流量まで変化させるためにそれぞれの試作品について回転数を低流量；6000rpm、中流量；7000rpm、高流量；8000rpmと変化させ、実験を行った。

【0049】上記表4の各試作品のポンプ効果を図20

に示す。低流量においては試作品D21、中流量においては試作品D22、高流量においては試作品D23がそれぞれ最も高い効率を示している。つまり、低流量の場合は羽根全長寸法L2を小さく、高流量の場合は羽根全長寸法L2を大きくすることによって、それぞれ高い効率

15

を得ることができる。

【0050】以上の実験結果から考察した結果、エンジン要求流量に対して燃料ポンプの効率が最も高くなるように設定するためには、流路代表寸法 R_m かインペラ羽根全長を変化させればよい。しかし、インペラ羽根全長を各流量毎に設定すると、インペラは通常フェノール樹脂等の成形材料から作られるため、その種類数分だけインペラの成形型が必要になる。従って、インペラ羽根全長は低流量～高流量までそこそこの効率を有する $L_2 = 2.1\text{mm}$ を採用し、流路代表寸法 R_m を各吐出量に合わせて設定した。低流量は $R_m = 0.67$ 、中流量と高流量は流路形状を共通化し、 $R_m = 0.76$ に設定した。

【0051】中流量の燃料ポンプに第1実施例のインペラを用い、 R_m を 0.76 に設定した時の圧力特性を図21に示す。この場合、燃料ポンプの要求吐出量は従来品と同等であり、特に $P-Q$ 勾配を小さくする必要もないものとして、モータ部の巻線仕様を変更し回転数を下げることによって吐出量を従来品とほぼ同じに合わせである。本発明の効果によって従来の燃料ポンプに比べ、ポンプ効率が向上し、電流値を約 1A （約 20% ）低減することができる。なお、図21ではモータへの印加電圧を 12V 一定とし、実線に第1実施例のインペラを採用したポンプを、破線に従来のインペラを用いたポンプを示している。

【0052】以上に説明したように、 $2 \sim 5\text{kgf/cm}^2$ の燃料圧力の下で、 $50 \sim 200\text{l/h}$ の吐出量が要求され、インペラ直径が $20 \sim 65\text{mm}$ 程度であり、インペラ厚さ t が $2 \sim 5\text{mm}$ 程度であり、羽根全長 L_2 が $2 \sim 5\text{mm}$ 程度であり、さらに流路代表寸法 R_m が 0.4mm から 2mm 程度に設定される燃料ポンプにあっては、羽根片を $2 \sim 4\text{mm}$ 程度の曲率半径をもって湾曲させることで羽根片の根元部、および先端部において良好な燃料流れが得られ高い効率が得られる。これは換言すれば、根元部角度 θ_1 を約 $100^\circ \sim 127^\circ$ とする一方、先端部角度 θ_2 を約 $45^\circ \sim 76^\circ$ としたことで得られる効果であり、さらに羽根曲率高さ 1 は $0.1 \sim 0.45\text{mm}$ とすることが望ましいと思われる。

【0053】さらに隔壁高さ h は羽根全長 L_2 の $L_2/2$ を超える高さとするのが望ましく、この寸法に設定することで湾曲した羽根面への流れの衝突を低減してさらに高いポンプ効率が得られるようになる。次に、第1実施例のインペラの製造方法を図22を参照しながら順を追って説明する。

【0054】図22はインペラの製造行程を説明する流れ図である。まず、成形工程 $S1$ ではインジェクション成形又はコンプレッション成形によりインペラを型成形する。図23は成形型の一部省略断面図である。成形型72は、インペラ28を軸方向に2分割する型合わせ面73を有し、上型74と下型75とからなる。成形型7

16

2の内部は、インペラ28の最終形状より若干大きく形成されている。図23にはインペラ28の最終形状が二点鎖線76として図示されている。インペラ28の中心部に対応して上型74には、嵌合孔33を形成するための断面D字状の柱部77が形成されており、その付け根にはテーパ面33aを形成するための円錐面78が形成されている。一方、下型75には樹脂注入用のスプール部79が形成されている。

【0055】次に、バリ取り工程 $S2$ では、インペラの外周に発生したバリが除去される。図24はバリ取り工程 $S2$ を説明する模式図である。インペラ80の外周に型合わせ面73に沿って発生したバリ81をインペラ80を矢印83方向に回転させながら、金属ブラシ82を矢印84方向に往復させて除去する。次に、スプール研削工程 $S3$ では、下型75のスプール部79により成形されたスプールが除去、研削される。

【0056】次に、両端面研削工程 $S4$ では、インペラの両端面が砥石によって研削される。図25は両端面研削工程 $S4$ を説明する模式図である。インペラ85は治具86に支持され、上側砥石87と下側砥石88との間を通過することで両端面が研削される。なお、治具86、上側砥石87、および下側砥石88は図中の矢印方向へそれぞれ回転する。なお、この両面研削工程 $S4$ では、治具上に固定したインペラを平面研削盤を使用して片面ずつ研削加工してもよい。

【0057】次に、外径研削工程 $S5$ では、インペラの外周面が砥石によって研削される。図26は外径研削工程 $S5$ を説明する模式図であり、図27はその一部拡大図である。砥石89は円筒形の回転砥石であり、矢印90方向に回転する。これに対し、断面D字状の回転軸91に支持されたインペラ92は本来の回転方向 R とは逆の矢印93方向に回転駆動され、砥石89の円筒面により研削される。このため、砥石89の砥面94は羽根片95の先端面96上をインペラ92の本来の回転方向に向けて移動する。このため、研削により羽根片95に作用する応力が羽根片95の湾曲によりしなやかに吸収され、羽根片95の欠損が低減される。なお、インペラ92は砥石89の回転より充分遅い速度で R 方向に回転してもよい。また、複数のインペラを回転軸91上に支持して同時に加工してもよい。この外径研削工程においては、円周方向 R に向けて傾斜した羽根片の先端面96を研削するにあたり、工具である砥面94が先端面96上を傾斜方向（ R ）に向けて移動することが重要である。

【0058】以上の工程によりインペラ28の形が形成される。そして外観検査工程 $S6$ により羽根片の欠損などが検査され、表裏識別工程 $S7$ で表裏を識別した上で組立工程 $S8$ において燃料ポンプ内に組付けられる。ここで、インペラ28の表裏はテーパ面33aにより簡単に識別することができる。しかも、このテーパ面33aが嵌合孔33へのシャフト31の挿入側に設けられてい

ることで、シャフト31の挿入を容易にすることができる。さらに、組立時のシャフト31の差し込み易さの違いから表裏の逆組付けを容易に発見、訂正することが可能である。

【0059】次に、本発明を適用した他の実施例を説明する。図28は第2実施例のインペラの部分拡大図である。インペラの羽根面は燃料を滑らかに流すためには曲面であることが望ましいが、図28に図示されるインペラ128のように複数の平面で構成されてもよい。この図28の第2実施例では羽根片139の羽根面139a、139bは、羽根片139の根元側から順に、インペラ128の回転方向Rに対して後傾した面と、インペラ128の回転方向Rに対して直交する面と、インペラ128の回転方向Rに対して前傾した面とで構成されている。このような形状においては、第1実施例で説明した数値のうち、曲率半径を除く数値を満たしていることが重要であろうと思われる。特に羽根面外周と根元との角度、深さi、隔壁先端面の位置などはポンプ作用に大きな影響を与えるであろうと思われる。

【0060】図29は第3実施例のインペラの部分拡大図である。図29の第3実施例ではインペラ228の羽根片239の羽根面239a、239bは、羽根片239の根元側から順に、インペラ228の回転方向Rに対して後傾した面と、インペラ228の回転方向Rに対して前傾した面とで構成されている。

【0061】図30は第4実施例のインペラの部分拡大図である。インペラの羽根片はその両面が本発明が規定する形状に形成されることが望ましいが、図30のインペラ328では上流側羽根面339aのみを曲面状に形成している。図31は第5実施例のインペラの部分拡大図である。

【0062】図31のインペラ428では下流側羽根面439aのみを曲面状に形成している。図32は第6実施例のインペラの部分拡大図である。図32のインペラ528は羽根片539の外周側角部539f、539gを型成形時に斜面状に成形している。これにより、研削工程での羽根片539の欠損が低減される。

【0063】図33は第7実施例のインペラの部分拡大図である。図33のインペラ628は羽根片639は第1実施例の羽根片39と同じ形状寸法であるが、隔壁641の先端面641aが羽根片639の外周まで延在している。このため、この第7実施例では外径研削工程においては羽根片639の外周面だけでなく、隔壁641の先端面641aも同時に研削される。

【0064】なお、以上に述べた実施例以外にも本発明の主旨を逸脱しない範囲で種々の変形が可能であり、例えば羽根片の曲率中心を第1実施例に比べて若干移動させること、あるいは羽根面を楕円形とすることなどの変形が可能である。また、本発明は自動車の燃料ポンプに限定されず、水等の種々の流体を圧送するポンプとして

広く適用できる。

【0065】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば、インペラの回転方向に対して各羽根片の根元部を後傾させているので、羽根溝に側面側から流れ込む旋回流と羽根片の根元部とのなす角度が小さくなり、旋回流が羽根溝内にスムーズに流れ込むようになるとともに、各羽根片の先端側を回転方向に向けて前傾させているので、羽根溝に流れ込んだ流体に羽根片から効率良く吐出口へ向かう運動エネルギーを与えることができ、ポンプ効率をより一層高めることができる。

【0066】また、本発明のインペラの製造方法によると、インペラを樹脂により成形しても、その羽根片の欠損を低減して製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は車両用燃料供給装置の構成を示す構成図

【図2】図2は本発明を適用した第1実施例の燃料ポンプの縦断面図

【図3】図3は図2の燃料ポンプのポンプ部を拡大した断面図

【図4】図4はケーシング本体の斜視図

【図5】図5はケーシングカバーの斜視図

【図6】図6は図2のA-A矢視断面図

【図7】図7は第1実施例のインペラの一部破断斜視図

【図8】図8はケーシング内にインペラが装着された状態の一部を拡大した平面図

【図9】図9は図8のB-B断面矢視図

【図10】図10(a)は羽根片の羽根面の曲率半径rとポンプ効率との関係を示すグラフ、図10(b)は羽根片の根元部とインペラの円周方向とのなす角度 θ_1 とポンプ効率との関係を示すグラフ、図10(c)は羽根片の先端側とインペラの円周方向とのなす角度 θ_2 とポンプ効率との関係を示すグラフ、図10(d)は羽根片の曲率高さiとポンプ効率との関係を示すグラフ

【図11】図11は試作品のインペラの一部を拡大した平面図

【図12】図12は試作品のインペラの一部を拡大した平面図

【図13】図13は試作品のインペラの一部を拡大した平面図

【図14】図14は試作品のインペラの一部を拡大した平面図

【図15】図15は連通部羽根長さL1とポンプ効率との関係を示すグラフ

【図16】図16は車両用燃料ポンプの負荷と回転数との一般的な関係を示すグラフ

【図17】図17は第1実施例(実線)と従来品(破線)との吐出量特性と電流特性とを示すグラフ

【図18】図18は望ましい吐出量特性への変更を説明するグラフ

19

【図19】図19は第1実施例のインペラを利用した燃料ポンプの流路代表寸法Rmとポンプ効率との関係を示すグラフ

【図20】図20は第1実施例のインペラの羽根長さL2とポンプ効率との関係を示すグラフ

【図21】図21は第1実施例のインペラを利用した燃料ポンプ（実線）と従来品（破線）との吐出量特性と電流特性とを示すグラフ

【図22】図22は第1実施例の製造工程を説明する流れ図

【図23】図23は成型の一部を省略した断面図

【図24】図24はバリ取り工程を説明する模式図

【図25】図25は両端面研削工程を説明する模式図

【図26】図26は外径研削工程を説明する模式図

【図27】図27は外径研削工程を説明する一部を拡大した平面図

【図28】図28は第2実施例のインペラの一部を拡大した平面図

【図29】図29は第3実施例のインペラの一部を拡大した平面図

【図30】図30は第4実施例のインペラの一部を拡大した平面図

【図31】図31は第5実施例のインペラの一部を拡大

20

した平面図

【図32】図32は第6実施例のインペラの一部を拡大した平面図

【図33】図33は第7実施例のインペラの一部を拡大した平面図

【図34】図34は従来技術の燃料ポンプの要部を拡大した断面図

【図35】図35は従来技術の燃料ポンプの要部を拡大した断面図

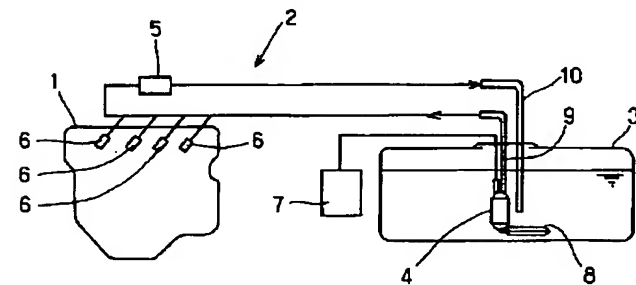
10

【符号の説明】

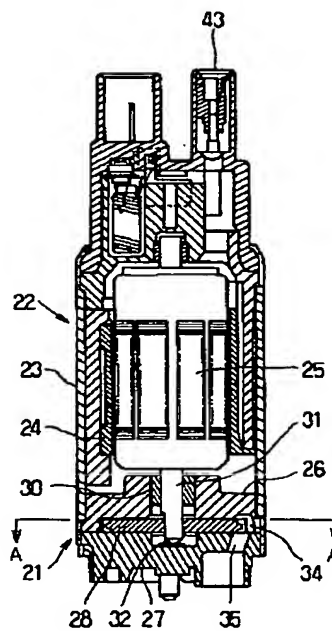
- 21 ポンプ部
- 22 モータ部
- 26 ケーシング本体（ケーシング）
- 27 ケーシングカバー（ケーシング）
- 28 インペラ
- 34 ポンプ流路
- 35 吸入口
- 36 吐出口
- 37 仕切部
- 39 羽根片
- 40 羽根溝
- 41 隔壁

20

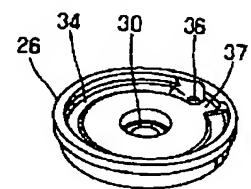
【図1】



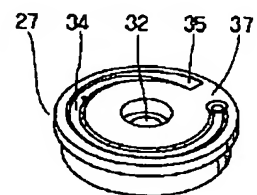
【図2】



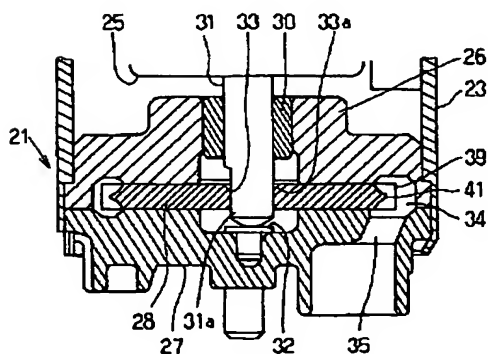
【図4】



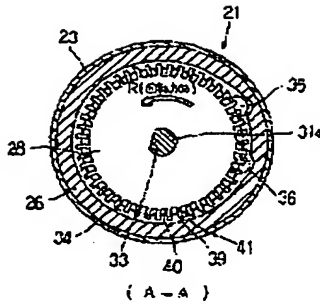
【図5】



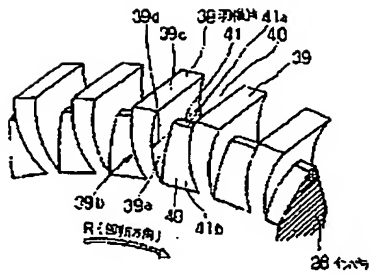
【図3】



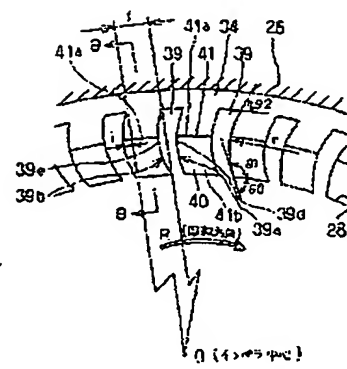
【図6】



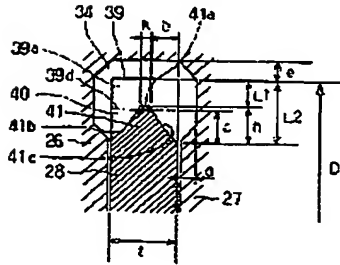
【図7】



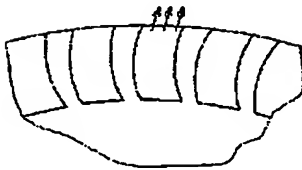
【図8】



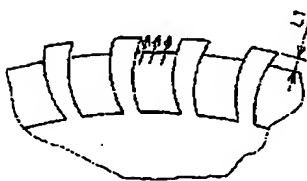
【図9】



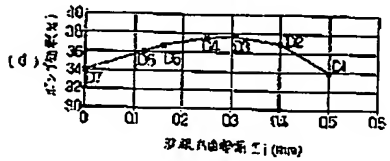
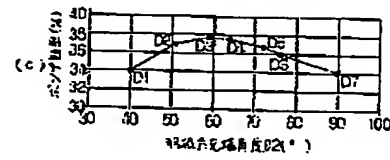
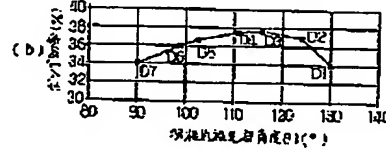
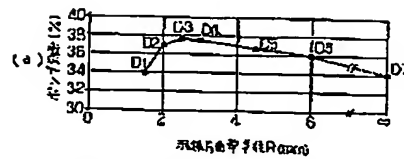
【図11】



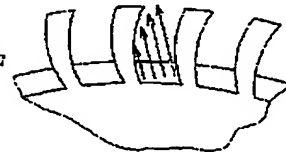
【図12】



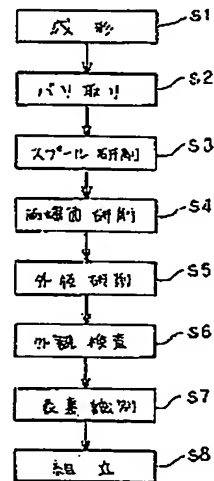
【図10】



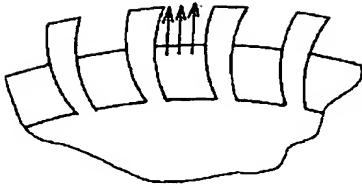
【図14】



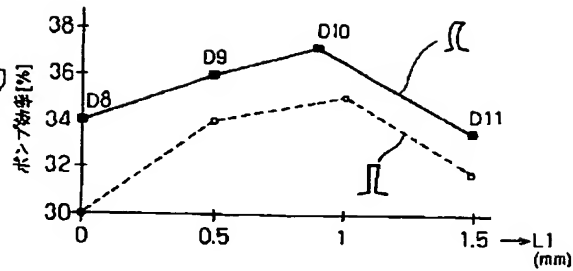
【図22】



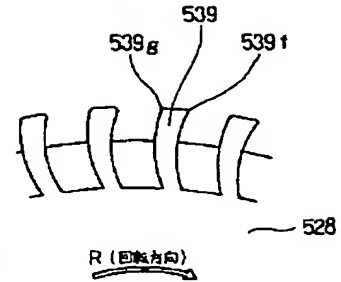
【図13】



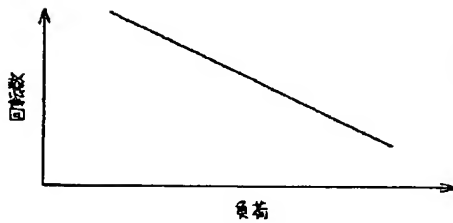
【図15】



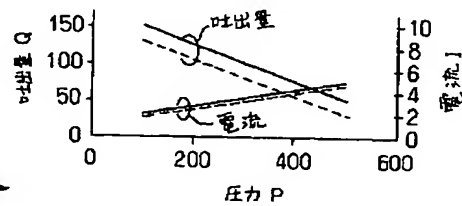
【図32】



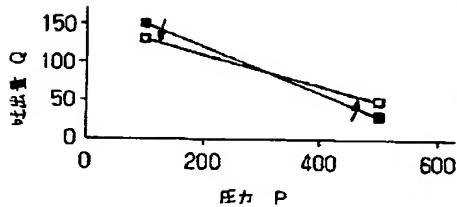
【図16】



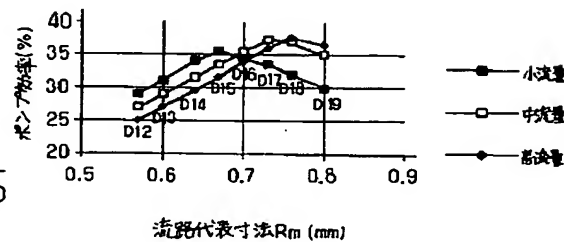
【図17】



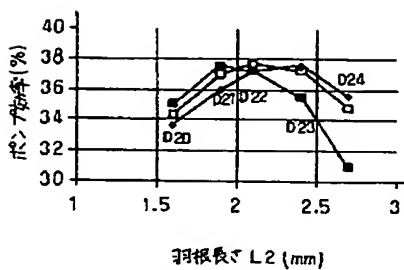
【図18】



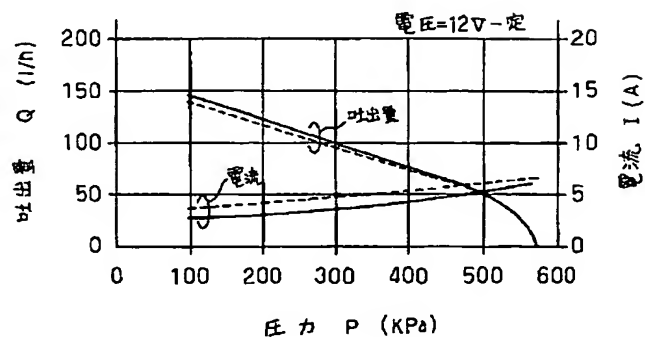
【図19】



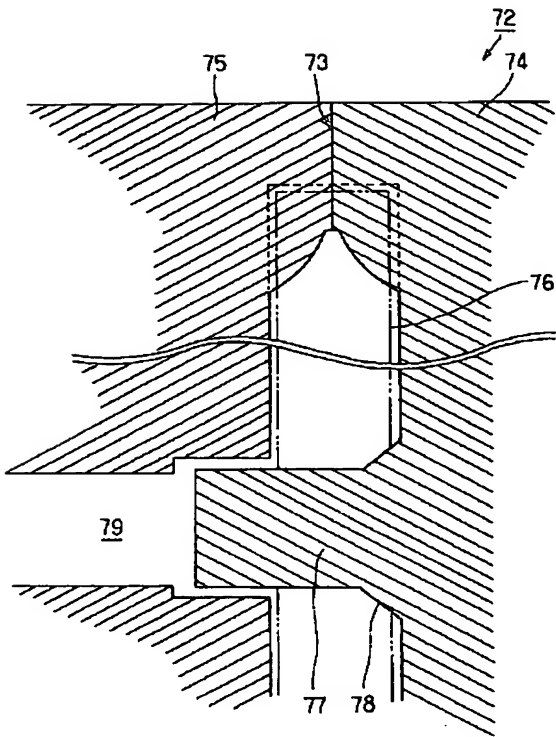
【図20】



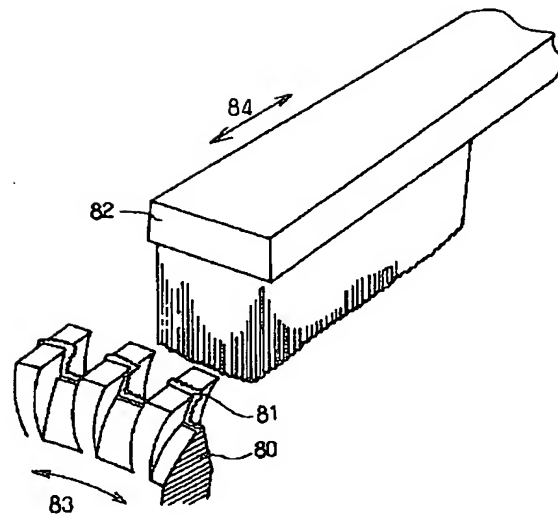
【図21】



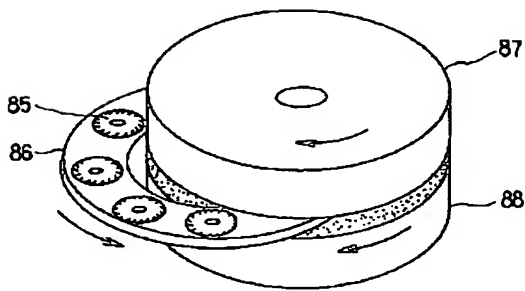
【図23】



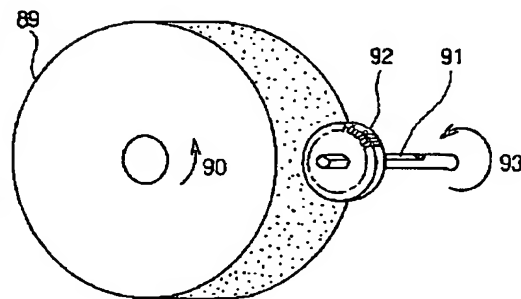
【図24】



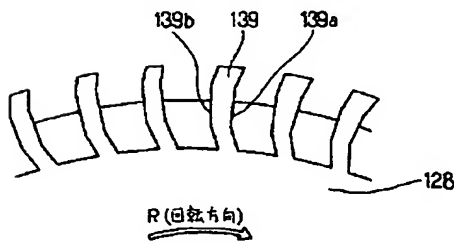
【図25】



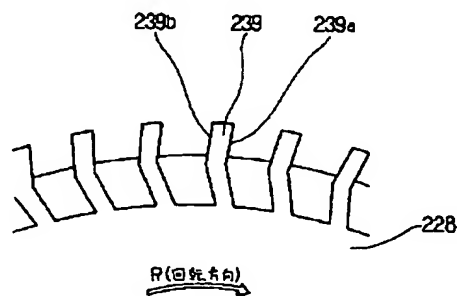
【図26】



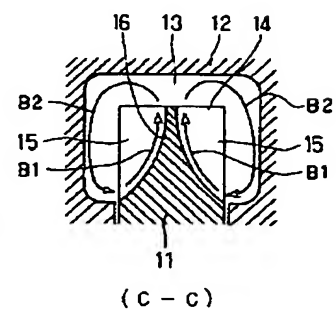
【図28】



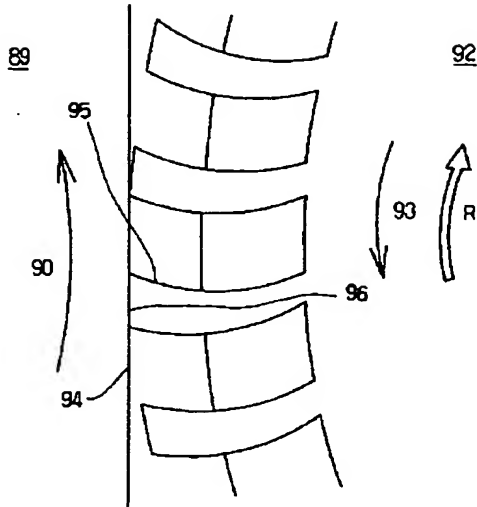
【図29】



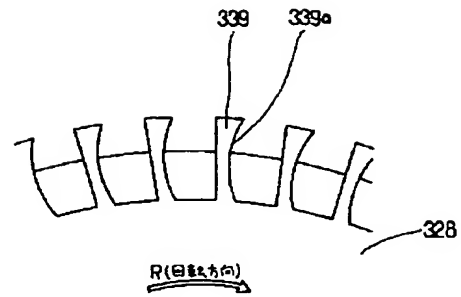
【図35】



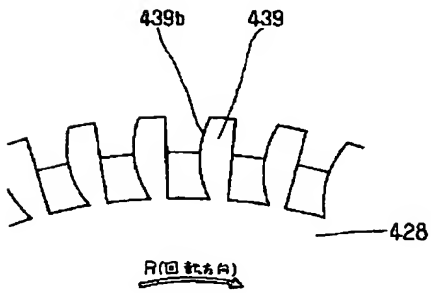
【図27】



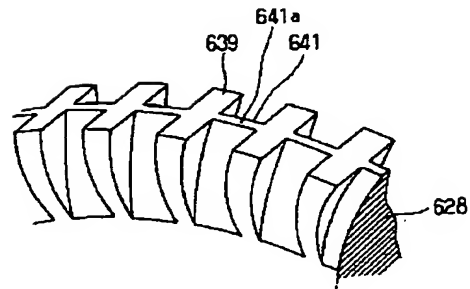
【図30】



【図31】



【図33】



【図34】

